

Электродинамические характеристики границы жидкость — газ

В статье на основании теории подобия найдена идентичность электродинамических процессов на границах капля-воздух и пузырек — жидкость. Показано, что данные по измерению величины плотности поверхностного заряда границы раздела раствор — воздух, полученные методом дробления раствора на капли, можно использовать для оценки влияния ионогенных ПАВ на электроповерхностные динамические характеристики пузырьков газа.

потенциал, заряд, электродинамические характеристики, граница раздела фаз жидкость-газ, капля, пузырьки, моделирование, теория подобия, ионогенные ПАВ

Исследование динамических электроповерхностных характеристик пузырьков газа в водных растворах имеет большое значение как для понимания природы двойного электрического слоя (ДЭС) на границе раздела фаз жидкость — газ [1], так и для повышения эффективности ряда технологических процессов, например процессов флотационной водоочистки, эффективность протекания которых в значительной степени зависит от электростатического взаимодействия частицы и пузырька [2, 3]. Вопрос об измерении величины потенциала на границе диффузной части ДЭС (ψ), который определяет, в частности, силу электростатического взаимодействия частицы с пузырьком, фактически остается открытым [2, 4]. На практике обычно производят замену ψ -потенциала на электрокинетический (ζ) потенциал пузырька [2, 3]. К сожалению, и для определения электрокинетического потенциала пузырьков газа в водных растворах отсутствует простой и надежный метод [5].

В связи с этим определенный практический интерес представляет моделирование характеристик пузырька газа (ζ -потенциала и плотности поверхностного заряда (σ_n)) в водном растворе плотностью поверхностного заряда капли (σ_k), образующейся при дроблении аналогичного раствора, несмотря на то, что существует различие в электроповерхностных свойствах капли раствора в воздухе и пузырька газа в растворе (двойной слой пузырька электронейтрален, а в случае капли на ее поверхности концентрируется избыточный заряд).

Подобие между ходом концентрационной зависимости плотности поверхностного заряда (поверхностного потенциала) капли и плотности поверхностного заряда (ζ -потенциала) пузырька основано на подобию физических процессов, лежащих в основе зарядки пузырька и капли. В момент образования, как пузырька, так и перемычки из жидкости (впоследствии капли) потенциал свежееобразованной поверхности жидкости близок к нулю, поскольку в начальный момент времени после деформации границы раздела водный раствор — воздух структура поверхности раствора аналогична структуре раствора в объеме [6]. Заполнение поверхностного слоя молекулами ПАВ в случае образования пузырька, как и в случае образования перемычки, происходит преимущественно из объема раствора к границе раздела жидкость — газ. В результате адсорбционного заполнения молекулами ПАВ границы раздела жидкость — газ структура ее приближается к равновесному состоянию, которое можно описать в случае движения пузырька такими электроповерхностными характеристиками, как плотность поверхностного заряда и

электрокинетический потенциал, составляющий часть поверхностного потенциала раствора χ [1]. В случае образования капли при временах менее 10^{-4} с на вновь возникающей деформированной поверхности полярной жидкости вследствие конечного времени образования ДЭС возникает неравновесный (динамический) поверхностный потенциал χ_d . Для электропроводных растворов это приводит к возникновению на поверхности жидкости разности потенциалов $\Delta\chi = \chi - \chi_d$ под действием которой поверхность жидкости заряжается [7—9]. Последующий разрыв перемычки приводит к зарядке оторвавшейся массы жидкости (капли), знак заряда которой соответствует знаку χ . Плотность поверхностного заряда перемычки (впоследствии капли), которая возникает в результате перераспределения зарядов под действием разности потенциалов $\Delta\chi$ между растянутой и нерастянутой частями поверхности жидкости при дроблении [9], одновременно является характеристикой стационарной поверхности диспергируемой жидкости, так как при малых временах (меньше 10^{-4} с) существования свежесформированной поверхности $\chi_d \rightarrow 0$ [6, 10]. Таким образом, плотность поверхностного заряда капли определяется величиной поверхностного потенциала ($\Delta\chi \approx \chi$), которую определяют состав и структура равновесного адсорбционного слоя границы раздела фаз жидкость - газ.

Электродинамические уравнения процесса зарядки очень сложны. Поэтому для решения задачи о подобии возникновения избыточной плотности поверхностного заряда на границе раздела раствор - воздух при движении пузырька газа в растворе и при отрыве капли от объема раствора аналогичного типа в воздухе применили теорию размерностей. Искомой величиной была поверхностная плотность заряда границы раздела жидкость — газ (σ). Для процесса существенными являлись следующие величины: v — скорость движения поверхности раздела жидкость — газ, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$; ρ — удельная объемная плотность заряда жидкости, с ; Γ — величина адсорбции, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2}$, D — коэффициент диффузии ионов, $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$.

Задачу рассматривали в системе первичных величин MLT. Следовательно, общее число величин, существенных для процесса, равно 5, а число первичных величин — 3.

Из этих параметров можно составить два безразмерных комплекса, характеризующих процесс

$$K_1 = \frac{\rho v^2}{D}, \quad K_2 = \frac{\sigma^2 \rho}{\Gamma v}.$$

Первый из этих критериев есть мера отношения интенсивности переноса заряда конвекцией к интенсивности переноса заряда диффузией. В случае $K_1 \ll 1$ подвод вещества к границе раздела жидкость — газ осуществляется диффузионным путем.

Второй критерий характеризует отношение величины плотности избыточного заряда границы раздела жидкость — газ к скорости ее движения, т. е. учитывает динамический характер процесса зарядки.

Равенство значений соответствующих комплексов является условием подобию двух процессов

$$\frac{\rho_n v_n^2}{D_n} = \frac{\rho_k v_k^2}{D_k} \quad \text{и} \quad \frac{\sigma_n^2 \rho_n}{\Gamma_n v_n} = \frac{\sigma_k^2 \rho_k}{\Gamma_k v_k},$$

где индексы «п» и «к» относятся к пузырьку и капле соответственно.

Это условие выполняется, так как для одного и того же раствора $\rho_n = \rho_k$, $D_n = D_k$ и $\Gamma_n = \Gamma_k$. Из первого равенства следует, что $v_n = v_k$ и, следовательно, $\sigma_n = \sigma_k$.

Таким образом, $\sigma_n = \sigma_k$ только в случае больших скоростей движения, когда плоскость скольжения находится у самой поверхности пузырька [11], плотность

поверхностного заряда (ξ -потенциала) возрастает до максимального значения, равного его значению на границе диффузной части ДЭС [1]. Обычно $v_{\text{п}} < v_{\text{к}}$ и значения электроповерхностных характеристик пузырька меньше аналогичных характеристик равновесной поверхности раствора (капли) [5, 9].

Для исследования зарядки капель при дроблении жидкости в отсутствие внешнего электростатического поля использовали метод [9], состоящий в зарядке капель при распаде нестационарных жидких перемычек, периодически вытягиваемых иглой в течение времени t , определяемого следующим соотношением

$$\frac{4\varepsilon}{\pi\lambda} < t < 3 \cdot 10^{-3}, \text{ с} \quad (1)$$

где ε - диэлектрическая проницаемость диспергируемой жидкости;

λ - удельная электропроводность диспергируемой жидкости,

а разрыв перемычки вблизи иглы осуществляли при условии

$$\frac{h}{\delta} \gg 1, \quad (2)$$

где h — толщина слоя жидкости, оставшейся на конце иглы после разрыва перемычки;

δ — толщина ДЭС на границе раздела жидкость — игла.

Неравенство (1) задает временной интервал, в котором заряд капель практически постоянен и достигает максимального значения. Второе неравенство задает условие, при котором контактная разность потенциалов на границе жидкость — твердое тело (игла) не оказывает влияния на процесс зарядки.

Реализацию предложенного метода моделирования осуществляли на установке, описанной в работе [9]. Капли получали, используя генератор монодисперсных капель (ГМК) с вибрирующей иглой в режиме работы, определяемом неравенствами (1) и (2).

Плотность поверхностного заряда капли рассчитывали по формуле [9]

$$\sigma = \frac{q}{kS},$$

где q — величина измеренного заряда капли;

S — площадь поверхности капли;

k — коэффициент, учитывающий отличие площади поверхности вытягиваемой перемычки от площади поверхности капли, которая образуется из этой перемычки ($k \approx 1,5$).

Для сравнения влияния концентрации ионогенных ПАВ на величину плотности поверхностного заряда капель с литературными данными [5, 12—15] по измерению разными методами величины ξ -потенциала пузырьков газа в аналогичных растворах объектами исследования были выбраны водные растворы ионогенных ПАВ (додецилсульфат натрия (КаДДС), пальмитат натрия, гексадецилтриметиламмоний бромид (ЦТАБ)).

Ход кривых зависимости заряда капель от концентрации диспергируемого раствора [16] для всех испытанных ПАВ удовлетворительно согласуется с ходом кривых ξ -потенциала пузырьков газа в растворах аналогичного типа. Следовательно, данные по измерению величины плотности поверхностного заряда границы раздела раствор — воздух, полученные методом дробления раствора на капли, можно использовать для оценки влияния ионогенных ПАВ на электроповерхностные характеристики пузырьков газа.

Список литературы

1. Фридрихсберг Д. А. Курс коллоидной химии. Л.: Химия, 1974.- 352 с.
2. Дерягин Б. В., Духин С. С., Рулев Н. Н. Успехи химии, 1982, т. 51, № 1, с. 92.
3. Зонтаг Г., Штринге К. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем. Л.:Химия, 1973.- 150 с.
4. Муллер В. М., Кузьмина Г. Л., Мартынов Г. А., Тен П. Г. Коллоид, журн., 1983, т. 45, № 6, с. 1096.
5. Сотскова Т. З., Гутовская В. В., Кульский Л. А. Химия и технология воды, 1980, т. 2, № 1, с. 3.
6. Dibbs H. P., Sirois L. L., Bredin R. Canad. Metallurg. Quarterly, 1974, v. 13, № 2, p. 395.
7. Натансон Г. Л. Докл. АН СССР, 1950, т. 73, № 5, с. 975.
8. Фрумкин А. Н., Иофа З. А., Герович М. А. Журн. физ. химии, 1956, т. 30, № 7, с. 1455.
9. Лопатенко С. В., Контуш С. М. Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт, 1984, № 1, с. 151.
10. Кочурова Н. Н., Русанов А. И. Коллоид, журн., 1981, т. 43, № 1, с. 36.
11. MacIntyre F. J. Geophys. Res., 1972, v. 77, № 25, p. 5211.
12. Cichos C. Neue bergbautechnik, 1971, Bd. 1, № 2, S. 941.
13. Usui S., Sasaki H. J. Colloid Interface Sci., 1978, v. 65, № 1, p. 36.
14. Сотскова Т. З., Баженов Ю. Ф., Кульский Л. А. Коллоид, журн., 1982, т. 44, № 5, с. 989.
15. Самыгин В. Д., Дерягин Б. В., Духин С. С. Коллоид, журн., 1964, т. 26, № 3, с. 493.
16. Лопатенко С. В. Заводская лаборатория, 1986, т.52, № 3, с.25-28

У статті на підставі теорії подібності знайдена ідентичність електродинамічних процесів на границях крапля-повітря і пухирець – рідина. Показано, що дані по вимірам величини густини поверхневого заряду границі розділу розчин — повітря, отримані методом дроблення розчину на краплі, можна використовувати для оцінки впливу іоногенних ПАВ на електроповерхневі динамічні характеристики пухирців газу.

УДК 378.147

Л.В. Філіппова, викл.

Кіровоградський національний технічний університет

Використання опорних сигналів з граматики в самотійній роботі з іноземної мови

Розглядається питання про використання опорних сигналів як один з методів оволодіння граматичним матеріалом

опорні сигнали, модель, граматична структура

При визначенні змісту та ефективності самотійної роботи з іноземної мови студентів технічних вузів потрібно враховувати: 1) особливості сприйняття, уваги та пам'яті, характерні для студентського віку; 2) особливий склад мислення, властивий представникам точних і технічних наук; 3) фактор часу. Завдання методистів полягає в тому, щоб, враховуючи всі названі фактори, відібрати, перевірити на практиці та рекомендувати до використання в самотійній роботі над засвоєнням мовного матеріалу та формуванням мовленнєвих навичок найбільш раціональні способи вивчення та запам'ятовування. Розмежовуючи проблеми організації самотійної роботи студентів на заняттях та поза заняттями, важливо приймати до уваги, що успішне керівництво самотійною поза аудиторною роботою передбачає зв'язок з аудиторними заняттями і є їх логічним продовженням і завершенням. Здатність студентів працювати без викладача є найвищим критерієм та оцінкою набутих ними знань і навичок, і саме в